

La végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin versant du Bocq (Condroz, Belgique)

The aquatic and bank vegetation in the Bocq catchment (Condroz, Belgium)

G. Bouxin,

Volume 4, numéro 2, 1991

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/705096ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/705096ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

0992-7158 (imprimé)

1718-8598 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Bouxin, G. (1991). La végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin versant du Bocq (Condroz, Belgique). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 4(2), 185–210. <https://doi.org/10.7202/705096ar>

Résumé de l'article

La végétation aquatique et du bord de l'eau du Bocq (Condroz, Belgique) et de ses trois principaux affluents a été décrite à partir de plusieurs centaines de relevés, à la fois de végétation et de milieu (environ 60 variables). En plus, des analyses détaillées d'eau ont été faites dans 21 prélèvements. Les tableaux de données ont été étudiés de manière séquentielle : - l'analyse des totaux marginaux, - l'analyse des motifs des lignes, - la simplification des tableaux, - et les analyses multivariées comme l'analyse en composantes principales, l'analyse des correspondances, la gradation non métrique multidimensionnelle et diverses techniques de classification automatique.

Différents groupements aquatiques ou des berges sont alors décrits, cartographiés et mis en relation avec différents facteurs de l'environnement. La nette influence de la pente, du degré de minéralisation, de la teneur en dérivés d'azote et de phosphate et de l'action humaine, sur la répartition des macrophytes sont facilement révélées. Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par le système de Braun-Blanquet ou d'autres approches.

La végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin versant du Bocq (Condroz, Belgique)*

The aquatic and bank vegetation
in the Bocq catchment
(Condroz, Belgium)

G. BOUXIN¹

Reçu le 4 septembre 1989, accepté le 17 octobre 1990**.

RÉSUMÉ

La végétation aquatique et du bord de l'eau du Bocq (Condroz, Belgique) et de ses trois principaux affluents a été décrite à partir de plusieurs centaines de relevés, à la fois de végétation et de milieu (environ 60 variables). En plus, des analyses détaillées d'eau ont été faites dans 21 prélèvements. Les tableaux de données ont été étudiés de manière séquentielle : - l'analyse des totaux marginaux, - l'analyse des motifs des lignes, - la simplification des tableaux, - et les analyses multivariées comme l'analyse en composantes principales, l'analyse des correspondances, la gradation non métrique multidimensionnelle et diverses techniques de classification automatique.

Différents groupements aquatiques ou des berges sont alors décrits, cartographiés et mis en relation avec différents facteurs de l'environnement. La nette influence de la pente, du degré de minéralisation, de la teneur en dérivés d'azote et de phosphore et de l'action humaine, sur la répartition des macrophytes sont facilement révélées. Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par le système de Braun-Blanquet ou d'autres approches.

Mots clés : *macrophytes, relevés de végétation, hélophytes, analyses chimiques, analyses multivariées, groupements végétaux, pollution.*

SUMMARY

The Bocq river (45 km long) and its main tributaries, the Crupet river (11 km long), the Petit Bocq (10 km long) and the Leignon river (11 km long) flow in the Condroz, to the south of the Sambre and Meuse line. The streams

1. Rue des Sorbiers, 33 à B-5101 Erpent, Belgique.

* Ce travail fut réalisé en collaboration avec le laboratoire d'Ecologie des Eaux Douces dirigé par le Professeur J.-C. Micha, Facultés Notre Dame de la Paix à Namur.

NB. La nomenclature suit DE LANGHE et al., 1983 et CASPER und KRAUSCH, 1980 et 1981.

** Les commentaires seront reçus jusqu'au 30 décembre 1991.

generally run across pastures, woods or villages ; cultures are not important. The concentration of hydrogen carbonate in water is generally high.

River vegetation was observed in a set of 362 relevés, having a length between 10 and 100 m. The streams were divided into 1 km sections and in each section, three relevés were chosen, in three different environmental conditions except in the Crupet river and in every top section of the three other streams in which all the relevés were contiguous. For each relevé, the aquatic and amphibious macrophytes were listed and the abundance of some species was estimated with a 1-5 index. Several environmental features were noted such as width and depth of the channel, the main types of substrate, the general slope, the characteristics of the bank, the type of edge vegetation, the type of landscape, the rock type, the sources of damage and chemical parameters. Some of these variables were divided in 0-1 modes, so only qualitative variables were used. Detailed physico-chemical and chemical analyses were carried out from 21 samples, in 1987 and 1988. Our aim was to give a simple and complete description of vegetation and environment, so that it would be possible to observe the evolution (natural or not) of the stream.

For each stream, species x relevés and environmental features x relevés tables were established. The data processing was sequential, in four steps : - the examination of the marginal distributions, - the pattern analysis of the lines, - the simplification of the tables by suppressing the rare and unstructured species or variables, - the replacement of the columns by a smaller number of blocks (one or two block sizes were used and for each size, only the structured species or variables were kept), - the multivariate analyses of the simplified tables with principal component analysis, correspondence analysis, non-metric multidimensional scaling and cluster analysis (only with transformed data from the multivariate analyses). Vegetation or vegetation and environment tables were used.

The principal component analysis of the chemical parameters revealed the importance of the calcium hydrogen carbonate complex (first axis), of the nutrients like N and P (second axis) and of Ion Na (third axis).

The following groupings were then defined and mapped : grouping with *Caltha palustris* and *Lychnis flos-cuculi*, with *Juncus effusus*, with *Myosotis scorpioides* and *Scrophularia auriculata*, with *Cirsium oleraceum* and *Petasites hybridus*, with *Berula erecta* and *Callitriche platycarpa*, with *Elodea canadensis*, with *Callitriche obtusangula*, with *Sparganium emersum*, with *Fontinalis antipyretica* and *Ranunculus fluitans* for the Bocq ; with *Ranunculus fluitans*, with *Fontinalis antipyretica*, with *Alopecurus geniculatus* and *Aplium nodiflorum*, with *Nasturtium officinale* and *Rumex conglomeratus*, with *Festuca gigantea* and *Fraxinus excelsior*, with *Polygonum bistorta*, with *Polygonum amphibium*, with *Typha latifolia*, with *Cardamine amara* and *Chrysosplenium oppositifolium* for the Crupet river ; with *Alnus incana*, with *Polygonum hydropiper*, with *Scrophularia auriculata* for the Petit Bocq ; with *Epilobium parviflorum* and *Lotus uliginosus*, with *Callitriche obtusangula*, with *Fontinalis antipyretica* for the Leignon river.

The main features which influence vegetation are : the general slope (or current velocity), the calcium hydrogen carbonate complex, nutrients like N and P and anthropic influence. The effluents of Ciney are responsible of a severe organic pollution in the bottom part of the Leignon river and in several km of the Bocq. Our results are compared with those obtained with the Braun-Blanquet system or other approaches.

Key-words : macrophytes, vegetation relevés, helophytes, chemical analyses, multivariate analyses, vegetation groupings, pollution.

1 - INTRODUCTION

Le Bocq est une rivière de 45 km de long, dont le cours est complètement situé dans le Condroz, région naturelle localisée au sud du sillon Sambre et Meuse. Il prend sa source à une altitude de 305 m. Il se jette dans la Meuse à Yvoir, à 20 km au sud de Namur, à une altitude de 90 m. La pente moyenne est de 0,48 %. Le relief est caractérisé par une alternance de bombements appelés tiges, allongés dans le sens général sud-sud-ouest nord-nord-est, et de dépressions appelées chavées. En général, les chavées correspondent aux synclinaux du Carboniférien calcaire et les bombements aux anticlinaux du Dévonien supérieur psammitique (fig. 1). Le ruisseau et ses affluents traversent de nombreux villages et petites villes et reçoit des eaux usées d'origine domestique ou agricole.

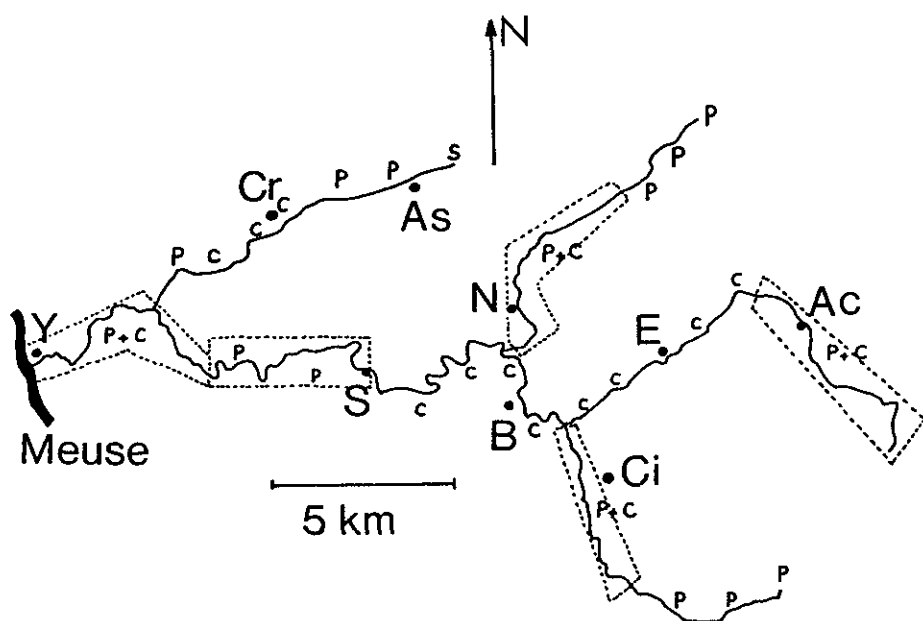


Figure 1 Le Bocq passe par Achet (Ac), Emptinne (E), Braibant (B), Spontin (S) et Yvoir (Y) ; le ruisseau du Crupet, par Assesse (As), Crupet (Cr), le Petit Bocq par Natoye (N) et le Leignon par Ciney (Ci). P = psammites et schistes, C = calcaires, S = sables fin pailletés.

The Bocq river runs across Achet (Ac), Emptinne (E), Braibant (B), Spontin (S) and Yvoir (Y) ; the Crupet river across Assesse (As), the Petit Bocq across Natoye (N) and the Leignon across Ciney (C). P = psammites and schists, C = limestone, S = fine spangled sands.

Les rives sont principalement occupées par des pâtures ou par quelques massifs forestiers, beaucoup moins par des cultures. Les eaux traversant cette région sont généralement de type calcaire riche (alcalinité supérieure à 110 mg/l de CaCO_3) suivant la classification de DESCY *et al.*, 1981. Des analyses chimiques et biologiques furent publiées par DESCY *et al.*, 1981, LAMBERT (*in* SAUBAIN *et al.*, 1982), LECLERCQ, 1987. L'eutrophisation (phénomène naturel) y est donc importante. Dans l'ensemble, les eaux sont bien oxygénées avec des % de saturation en oxygène généralement compris entre 70 et 100 %, (avec localement des valeurs basses) et une DBO_5 faible (souvent inférieure à 5 mg O_2 /l). Ces cours d'eau sont affectés par le processus d'eutrophication (provenant de l'activité humaine) avec des teneurs en ammoniacque très variables, de très faibles (moins de 0,1 mg/l d'N) à élevées (environ 0,6 mg/l d'N) ou localement très élevées (jusqu'à 8 mg/l d'N), avec des teneurs aussi variables en nitrites (de 0,03 à 0,6 mg/l d'N), des teneurs importantes en phosphates (de 0,1 à 0,6 mg/l P), localement très élevées (± 2 mg/l P) ; la situation est considérée comme normale en ce qui concerne les chlorures et sulfates, normale à légèrement anormale pour les métaux lourds. Mais par places, on constate d'importantes pollutions organiques, ce qui se traduit dans des valeurs très élevées de la DBO_5 (jusqu'à 60 mg O_2 /l très localement). Diverses synthèses, reprenant, soit uniquement des données du bassin versant du Bocq, soit plusieurs ruisseaux de même type, mettent en évidence des groupes de variables corrélées. C'est ainsi que la conductivité, la dureté totale, la dureté calcique, la teneur en calcium sont positivement et nettement corrélées, tandis que le pourcentage d'oxygène montre une nette corrélation négative avec la teneur en nitrites, phosphates et ammonium, qui sont donc en étroite relation avec la pollution organique. Les indices biotiques basés sur les diatomées (DESCY *et al.*, 1981) ou les macro-invertébrés (SAUBAIN *et al.*, 1982) et les analyses bactériologiques reflètent les résultats d'analyses chimiques, avec des sensibilités propres. Mais la végétation macrophytique aquatique et amphibie n'est que très partiellement et imparfaitement connue ; quelques informations ont été données par DUVIGNEAUD, 1978 et DETHIOUX, 1989a et b. Une description complète de la végétation aquatique et amphibie des cours d'eau manque encore. Une telle description servirait de référence pour tous ceux qui s'inquiètent de l'impact de plus en plus important des activités humaines sur cet écosystème, ou qui ont la délicate tâche de le gérer.

Nous avons prospecté le Bocq et ses trois principaux affluents (*fig. 1*), le ruisseau de Crupet (11 km), le Petit Bocq (10 km) et le Leignon (11 km) en 1986, 1987 et 1988. La végétation et certaines composantes du milieu sont analysées depuis les sources jusqu'aux confluent et les données traitées par diverses méthodes statistiques faisant appel aux moyens informatiques. La plupart de ces méthodes ont déjà été utilisées précédemment (BOUXIN, 1987b et BOUXIN et LE BOULENGE, 1983) pour décrire la végétation de ruisselets et petits ruisseaux.

La description de la végétation, accompagnée de cartes de dispersion d'espèces ou de groupements végétaux a été recommandée par KOHLER, 1975 et 1978, qui insiste toutefois sur la fluctuation saisonnière de la biomasse des macrophytes aquatiques. Une modélisation de la dispersion des végétaux permet de surmonter quelque peu des variations saisonnières ou locales.

Nos objectifs sont :

- de donner une description précise, complète et facilement compréhensible de la végétation macrophytique et de l'environnement des quatre ruisseaux, à un moment donné ;
- de donner un moyen d'observer l'évolution naturelle de l'écosystème dans le temps ou d'évaluer l'impact de l'homme ;
- de donner un exemple d'application d'un système d'étude de la végétation, qui pourrait être utilisé dans l'étude de végétations très différentes.

2 - MÉTHODES

2.1 Analyses d'eau

Nous avons analysé des échantillons prélevés de façon systématique, à peu près tous les quatre kilomètres (soit 11 dans le Bocq, 4 dans le ruisseau de Crupet, 3 dans le Petit Bocq et 3 dans le Leignon) ; les prélèvements ont eu lieu en octobre 1987 et octobre 1988. Les analyses suivantes ont été faites : pH, conductivité à 20 °C, alcalinité (titrage par HCl 0,02 N), principaux cations (Ca, Mg, Na et K au spectrophotomètre à flamme ; Ca et Mg aussi par complexométrie) et principaux anions : chlorures (titrage au nitrate de mercure en présence de diphénylcarbazone), sulfates (colorimétrie en présence de chlorure de baryum), ammonium (colorimétrie en présence de salicylate et de dichloroisocyanurate de sodium), nitrites (colorimétrie, méthode par diazotation de l'acide sulfanilique en présence d' α -naphtylamine), nitrates (colorimétrie en présence d'acide chromotropique), phosphates (colorimétrie en présence de molybdate d'ammonium). Les résultats seront traités par l'analyse en composantes principales, de façon à mettre en évidence les variables corrélées et à révéler d'éventuelles tendances dans les ruisseaux, comme le degré de minéralisation, la pollution, etc. Cette méthode de synthèse, utilisée notamment par DESCY, 1973 et EMPAIN, 1973 est adaptée à la nature continue des variables souvent monotoniques, bien mieux que l'analyse des correspondances prévue pour des tableaux de contingence et utilisée par FABRI, 1977 et LECLERCQ, 1977. Quelques diagrammes ioniques, selon la méthode de KUFFERATH, 1951 seront aussi présentés.

2.2 Description de la végétation

L'analyse de la végétation suit les principes exposés précédemment dans BOUXIN et LE BOULENGE, 1983 et appliqués à l'étude de la végétation herbacée de ruisselets par BOUXIN, 1987b. Dans ces travaux, l'étude de la végétation était exhaustive le long des cours, ce qui n'était plus possible ici étant donnée la taille de l'ensemble. Nous avons procédé comme suit : le premier kilomètre de ruisseau à partir de la source a été divisé en un certain nombre de sections juxtaposées, définies par un ensemble de facteurs écologiques comme la vitesse du courant (ou pente générale), la nature et le degré de perturbation

des formations boisées traversées, le caractère encaissé, la nature du lit et des berges (vase, graviers, cailloux, blocs, dalles rocheuses) ; les sections sont généralement de petite taille, de longueur inférieure à 100 m en moyenne. La grande variabilité de la végétation et du milieu justifiait une telle observation continue. La suite du cours a été divisée en sections d'environ 1 km de long, souvent délimités par des points facilement repérables (pont, début ou fin d'un massif boisé, début d'une agglomération, ...) ; dans chaque section, trois sections furent délimitées de la même manière que plus haut ; l'échantillonnage s'efforce de décrire trois sections dans des conditions aussi différentes que possible, de façon à traduire au mieux la variabilité de la végétation ; les sections ont maintenant en moyenne une longueur d'environ 100 m. Cette technique d'échantillonnage est comparable à celle de WIEGLEB, 1988 quant à la taille des relevés mais différente quant au choix de leur emplacement puisque WIEGLEB choisit ses relevés à proximité de ponts ou de sites facilement localisables. La taille des relevés est nettement supérieure à celle recommandée par MERIAUX, 1981b, soit de quelques m² à quelques dizaines de m². Notre intensité d'échantillonnage est aussi supérieure à celle d'HASLAM et MOLITOR, 1988. Seul le ruisseau de Crupet a été observé de façon continue sur tout son cours, c'est-à-dire que toutes les sections étaient juxtaposées. Dans chaque section, on établit la liste des hydrophytes, des héliophytes et des espèces nettement hygrophiles herbacées et ligneuses vivant sur la berge. Seuls les Phanérogames, les Ptéridophytes nettement hygrophiles et une espèce de Bryophyte de grande taille (*Fontinalis antipyretica*) ont été enregistrés (Les espèces végétales de petite taille comme les algues vertes, les diatomées ou encore les macro-invertébrés sortaient du cadre de cette étude car ces espèces sont structurées à des échelles plus fines que celles définies dans ce travail). Pour chaque espèce, soit on indique sa présence, soit on lui affecte un coefficient d'abondance-dominance compris entre 1 et 5 et en plus, on indique si l'espèce vit sur le fond de l'eau, sur la marge du ruisseau, sur la grève ou sur la berge ; certaines espèces peuvent très bien occuper à la fois la marge et une partie de la berge. On construit alors pour chaque ruisseau un tableau à double entrée, dit tableau de relevés, dont les lignes correspondent aux espèces et les colonnes aux relevés.

2.3 Description de l'environnement

Dans chaque section, plusieurs dizaines de paramètres écologiques furent enregistrés. L'observateur se trouve confronté à des paramètres très différents les uns des autres comme l'absence ou la présence d'un massif boisé sur la rive (variable qualitative), le pH (variable quantitative continue), l'éclairement (< 25 %, de 25 à 50 %, ... soit une variable ordinale). Comme toutes ces variables doivent être traitées ensemble, il nous a paru préférable de présenter les données de l'environnement dans un tableau disjonctif complet, c'est-à-dire que chaque paramètre est représenté par deux ou plusieurs modalités et que l'appartenance à une modalité est notée 1, sa non-appartenance 0 (FOUCART, 1982). Il faut noter qu'avec certains paramètres, les diverses modalités ne sont pas nécessairement exclusives (il peut y avoir dans une même section, des blocs et des cailloux sur le fond). Les différents paramètres sont : largeur du ruisseau (5 modalités : 0 à 1 m - 1,1 à 3 m - 3,1

à 5 m - 5,1 à 8 m - > 8 m), profondeur de l'eau (5 modalités : < 0,1 m - 0,11 à 0,3 m - 0,31 à 0,5 m - 0,51 à 1 m - > 1 m), pente (2 modalités : < 1 % - 1 à 3 %), vallée (4 modalités : en V non tronqué - vallée en V faiblement et horizontalement tronqué, le cours d'eau longeant le pied d'un des flancs de la vallée - en V fortement tronqué, le cours d'eau serpentant dans la vallée - en V très fortement ou totalement tronqué), éclaircissement (4 modalités : < 25 % - > 25 % - > 50 % - > 75 %), type de bordure végétale (4 modalités : prairie, parfois rudéralisée - prairie + ligne d'arbres - feuillus - conifères), caractère encaissé (4 modalités : 0 à 20 cm - 21 à 50 cm - 51 à 100 cm - > 100 cm), substrat lentique dominant (6 modalités : dalle - blocs - cailloux - graviers - sable - vase), substrat lentique accessoire (mêmes 6 modalités), substrat lotique dominant (mêmes 6 modalités), substrat lotique accessoire (mêmes 6 modalités), 1 seule modalité pour la présence de clôtures, le piétinement par le bétail, le caractère rudéralisé, la présence de murs, constructions, le curage récent, les traces de pesticides, le fauchage des berges, la présence de parcs ou jardins, la présence de talus, de cultures, la lithologie (2 ou 3 modalités : psammites et schistes - calcaire - argile oligocène dans le Petit Bocq uniquement - sables fins pailletés dans le Crupet uniquement), le degré de minéralisation (3 modalités : < 350 - 350 à 450 - > 450 μS pour le Bocq et le Petit Bocq, < 250 - 250 à 450 - > 450 μS pour le Leignon, 2 modalités : < 450 - > 450 μS pour le Crupet uniquement), le degré de pollution organique (3 modalités sur base de la teneur en ammonium : < 0,01 méq/l N - de 0,01 à 0,02 méq/l N - > 0,02 méq/l N, les deux premières modalités seulement pour le Crupet), la présence d'une teneur élevée en ions Na (1 modalité). Les modalités portant sur la chimie des eaux ont été fixées après examen des résultats de l'analyse en composantes principales (voir les résultats). Comme pour la végétation, on construit pour chaque ruisseau, un tableau à double entrée, dont les lignes correspondent aux modalités des variables ou paramètres écologiques et les colonnes aux relevés.

2.4 Analyse des données

Les tableaux des données de végétation et ceux des données de l'environnement ont été traités de la même manière. Les données sont groupées en sections de 1 km. Ce groupement fut rendu nécessaire puisque, dans chaque section, les relevés sont positionnés différemment et l'analyse des motifs eut été influencée par les distances variables séparant les relevés. Dans le premier km, les données de présence sont additionnées ; les fréquences obtenues sont divisées par le nombre de relevés présents dans ce km et multipliées par 5 avant d'être arrondies à l'unité ; pour les données d'abondance, les abondances moyennes sont calculées et arrondies à l'unité, pour le ruisseau de Crupet, il est procédé de la sorte pour tous les km. A partir du deuxième kilomètre des autres ruisseaux, les données de présence sont additionnées, divisées par 3, multipliées par 5 et arrondies à l'unité ; pour les données d'abondance, on calcule la moyenne et on arrondit à l'unité. On obtient ainsi quatre tableaux de végétation, respectivement de 40 colonnes pour le Bocq, 12 colonnes pour le Crupet, 10 colonnes pour le Petit Bocq, 11 colonnes pour le Leignon. On arrive aussi à quatre tableaux, avec les mêmes nombres de colonnes pour les données d'environnement.

Le traitement statistique de chacun des tableaux est séquentiel ; il se déroule en quatre étapes (BOUXIN, 1986 et 1987a et b), que nous rappelons brièvement :

- l'examen des fréquences marginales qui révèle, dans les tableaux de végétation, les groupements localisés riches en espèces rares ;

- l'analyse des lignes du tableau au moyen d'indices statistiques (BOUXIN, 1990), ce qui conduit à la définition des motifs de dispersion (plaque, agrégat, trou, gradient, variation de densité, motif complexe) ;

- la transformation des tableaux par la suppression des espèces ou variables rares (en général, une ou deux présences) dont on ne peut rien déduire et des espèces ou variables fréquentes mais non structurées (parce qu'elles n'apportent pas d'informations exploitables dans les analyses multivariées qu'elles alourdissent inutilement, ce qui n'empêche pas de citer ces espèces dans la phase descriptive finale) et le remplacement des colonnes par un nombre moindre de blocs ; dans chaque bloc, les valeurs attribuées aux espèces ou variables structurées sont les moyennes des valeurs dans les relevés constituant le bloc ; plusieurs tableaux transformés peuvent être créés à des échelles différentes mais à chaque échelle, seules les espèces ou variables structurées sont considérées ;

- les analyses multivariées des tableaux transformés comme l'analyse des correspondances ou la gradation non métrique multidimensionnelle (« non-metric multidimensional scaling ») et diverses méthodes de classification traitant les variables transformées des analyses multivariées. WIEGLEB, 1980 a utilisé l'analyse en composantes principales sur des communautés aquatiques mais l'analyse des correspondances, qui met très bien en évidence les parallélismes dans la dispersion des plantes convient mieux à l'analyse phytosociologique.

La technique présentée est multiscalaire en ce sens que des groupements sont décrits à des échelles d'observations différentes, sans qu'il y ait aucune relation hiérarchique entre les groupements, comme c'est le cas dans le système de BRAUN-BLANQUET (WESTHOFF et VAN DER MAAREL, 1973). La diversité de la végétation est telle que nous avons recherché un système traduisant cette diversité à toutes les échelles possibles plutôt que d'essayer d'intégrer les groupements dans une hiérarchie qui nous paraît trop artificielle. Toutefois, comme le système de BRAUN-BLANQUET est souvent appliqué, surtout en Europe continentale, nous nous efforcerons de donner des éléments de comparaison entre les associations, ordres ou alliances et nos groupements végétaux.

Les analyses multivariées sont appliquées soit aux tableaux de végétation soit à des tableaux formés par la fusion des tableaux de végétation et des tableaux d'environnement. Les espèces et variables liées aux groupements mis en évidence sont définies à partir des analyses multivariées. Par après, dans le but de décrire les groupements de façon simple, des tableaux, avec les groupements comme colonnes et les espèces comme lignes, sont dressés. Pour chaque groupement, on y indique, comme dans le système de BRAUN-BLANQUET, quelles sont les espèces caractéristiques (sélectives ou préférentielles), compagnes ou accidentelles. Le caractère sélectif ou préférentiel d'une espèce d'un groupement n'a toutefois de sens

qu'à l'échelle où ce groupement est décrit ; certaines caractéristiques n'occupent d'ailleurs qu'une partie du groupement. La taille est également un élément important du groupement.

Les analyses de données ont été réalisées sur PC, au moyen d'un ensemble de programmes rédigés en BASIC, soit originaux, soit transposés de la littérature (FOUCART, 1982 ; ROUX, 1985 et ORLOCI, 1985) ; ces programmes sont disponibles aux auteurs, sur simple demande.

3 - RÉSULTATS

3.1 Les analyses d'eau

Les résultats de 1987 et 1988 diffèrent quelque peu mais les mêmes tendances générales se retrouvent et les résultats présentés sont ceux de 1988.

Plusieurs variables comme Ca^{++} , K^+ , NO_3^- ou HCO_3^- montrent une augmentation quasi continue de la source au confluent. NH_4^+ , PO_4^{--} et NO_2^- sont très peu concentrés à la source et la concentration augmente localement en fonction des rejets agricoles et domestiques puis diminue assez rapidement, suite à l'autoépuration biologique. Mais aucune relation nette n'apparaît entre la diminution en NH_4^+ et l'augmentation en NO_3^- car les concentrations élevées en NH_4^+ (de l'ordre de 0,030 ou 0,050 méq/l sont nettement inférieures aux valeurs de NO_3^- (de l'ordre de 0,4 – 0,5 méq/l). L'apport en NO_3^- semble continu le long du bassin versant et masque probablement des augmentations locales.

La plupart des diagrammes ioniques ont la même forme caractéristique des eaux calcaires (fig. 2). Un seul en diffère, c'est celui de la source du Bocq, avec une teneur en ions sodium beaucoup plus élevée que dans la plupart des autres stations. Il est probable que ce sodium vient des sels de déneigement abondamment déversés sur la grand-route (N4) située à environ 2 km de la source. L'augmentation du débit dilue rapidement cet apport.

L'analyse en composante principales des 21 sites et 14 variables (fig. 3) révèle, sur le premier axe (37 % de contribution à l'inertie totale), un groupe de variables étroitement corrélées (alcalinité, dureté totale, conductivité, teneur en ion calcium, soit le complexe hydrogénocarbonate), ce qui traduit le degré de minéralisation de l'eau ou globalement l'eutrophisation (phénomène naturel). Le second axe (20,2 % de contribution à l'inertie totale) révèle un groupe de variables liées à la pollution des eaux (chlorures, sodium, ammonium, nitrites, phosphates, provenant des exploitations agricoles et des égoûts déversant des eaux non traitées) et traduit donc le degré de contamination (ce qui engendre un enrichissement artificiel en nitrates et phosphates, souvent appelé eutrophication, pour le distinguer du phénomène naturel) et enfin, le troisième axe (11,8 % de contribution), non représenté ici, est dominé par l'ion sodium, localement abondant. Suite à cette analyse, il fut

aisé d'attribuer à chaque relevé, soit par intrapolation, soit en fonction de la position géographique, une modalité pour le degré de minéralisation, une pour le degré de pollution, une pour la teneur en ion sodium. Il faut remarquer que des teneurs anormalement élevées en ions ammonium, nitrite et phosphate induisent une pollution minérale, mais comme elles sont étroitement corrélées avec la pollution organique, il est impossible de dissocier pollution minérale et organique. En fait, dans les régions étudiées, les rejets agricoles et urbains sont mélangés. Par contre, un des aspects de la pollution minérale, à savoir le sodium, est bien mis en évidence, mais aucune action sur la végétation n'apparaît ici.

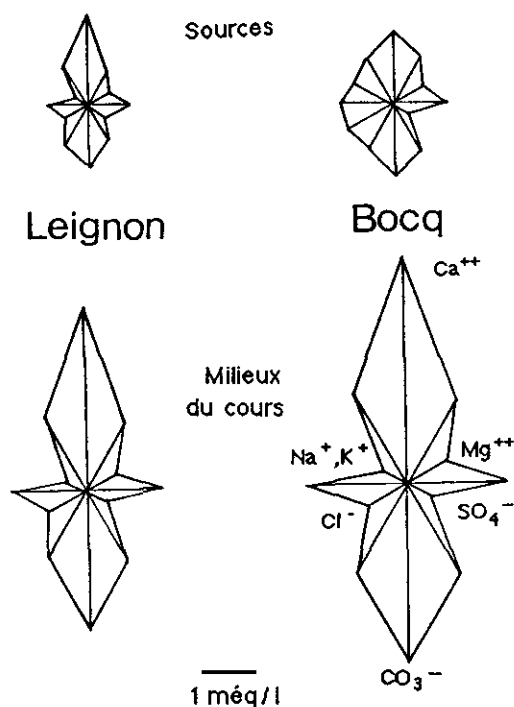


Figure 2 Diagrammes ioniques, selon la méthode de Kufferath, dans deux sites de la vallée du Leignon et deux sites de la vallée du Bocq.

Ionic diagrams, following Kufferath, in two sites of the Leignon valley and two sites of the Bocq valley.

3.2 Description du Bocq

La largeur du ruisseau dépasse rarement 10 m et la profondeur, au milieu du lit, est généralement inférieure à 1 m. La pente n'est supérieure à 1 % que dans le cours supérieur. La vallée est en V non tronqué près de la source, puis

s'élargit. L'éclairement est très variable, généralement supérieur à 50 %, avec une bordure végétale constituée en grande partie de prairies, parfois bordées d'une ligne d'arbres ; le ruisseau traverse plusieurs massifs de feuillus et quelques bois de Conifères. Le substrat lentique dominant est fréquemment vaseux, le substrat lotique dominant constitué de blocs, quelquefois de cailloux et rarement de graviers. Les traces de rudéralisation sont fréquentes. La fréquence de murs bordant le ruisseau ou d'aménagements divers est la plus élevée dans la moitié inférieure du cours. Le substrat lithologique rencontré est du calcaire dans 2/3 des relevés et des psammites ou schistes dans le 1/3 restant. A la source, le pH de l'eau est d'environ 7,5, il augmente progressivement et dépasse 8 à partir d'Emptinne ; ensuite, il fluctue et reprend une valeur inférieure à 8 juste après le confluent avec le Leignon et le Biron tout proche ; il dépasse à nouveau 8 quelques km plus loin. L'alcalinité, qui est d'environ 80 mg/l de CaCO_3 à la source, augmente rapidement et se stabilise à partir d'Emptinne aux environs de 200 mg. Beaucoup de paramètres évoluent de la même manière. Il faut toutefois souligner la forte augmentation en ions ammonium (de 0,016 à 0,052 méq/l N en 1987, de 0,003 à 0,028 méq/l en 1988) et en ions phosphates (de 0,004 à 0,017 méq/l P en 1987, de 0,004 à 0,018 en 1988) dès l'embouchure du Biron puis du Leignon (200 m plus loin) qui véhiculent les résidus urbains et agricoles de la région du Ciney. Le Bocq subit donc, à cet endroit, une sévère pollution organique et minérale ; la situation redevient normale un peu en amont de Spontin.

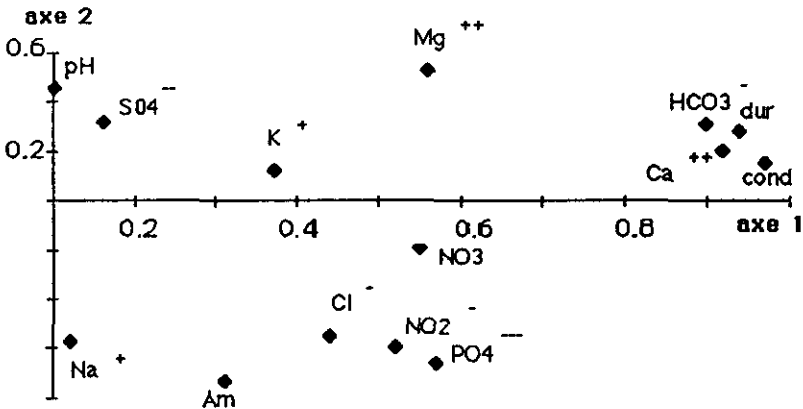


Figure 3 Analyse en composantes principales de la matrice des corrélations entre les 14 variables physico-chimiques mesurées dans 21 sites. Axes 1 et 2 des variables.

dur = dureté totale, *cond* = conductivité et *Am* = ammonium.

Principal component analysis of the correlation matrix between 14 water chemistry parameters from 21 sites. Axes 1 et 2 of the variables.

dur = total hardness, *cond* = conductivity et *Am* = ammonium.

Dans l'étude de la végétation, 104 espèces ont été recensées. C'est donc un tableau de végétation de 126 colonnes (relevés) et 104 lignes qui fut traité.

A l'échelle des relevés, on obtient une très grande variabilité dans le nombre d'espèces présentes, qui varie de 0 à 32. Parmi les espèces rares présentes dans un ou deux relevés, citons *Carex rostrata*, *C. strigosa*, que l'on trouve à la source, *Zannichellia palustris* subsp. *palustris* (très rare dans la région) et *Potamogeton perfoliatus*, dans le cours inférieur.

A l'échelle des sections d'environ un km, l'examen des totaux marginaux et l'analyse des motifs conduit à une simplification du tableau 40 x 104 et plusieurs tableaux sont créés :

- un tableau 40 x 47 avec uniquement les espèces rares et les petits motifs (agrégats de présences ou d'absences) ;
- un tableau 40 x 48 sans les espèces rares, les petits motifs et les espèces non ou faiblement structurées, c'est-à-dire ne comprenant que les motifs de taille moyenne et de grande taille ;
- un tableau 40 x 78, comprenant les 48 lignes précédentes et les 30 lignes extraites du tableau 40 x 63 des données de l'environnement.

Le premier tableau n'a apporté aucun résultat significatif. L'analyse factorielle des correspondances et les classifications automatiques des deux autres tableaux de 40 colonnes ont conduit à la définition de :

- un groupement de berge à *Caltha palustris* et *Lychnis flos-cuculi* ;
- un groupement de berge à *Myosotis scorpioides* et *Scrophularia auriculata* ;
- un groupement de berge à *Petasites hybridus* et *Cirsium oleraceum* ;
- un groupement aquatique à *Callitriche obtusangula* ;
- un groupement aquatique à *Elodea canadensis*.

La gradation non métrique multidimensionnelle (fig. 4) apporte des résultats différents et complémentaires et trois nouveaux groupements sont définis :

- un groupement aquatique à *Sparganium emersum* subsp. *emersum*,
- un groupement aquatique à *Fontinalis antipyretica* et *Ranunculus fluitans*,
- un groupement aquatique à *Berula erecta* et *Callitriche platycarpa*.

En plus, cette analyse met clairement en évidence la zone de rivière (environ 5 km) subissant une pollution organique et domestique sévère et dans laquelle une grande partie des plantes aquatiques disparaît (sauf *Sparganium emersum*).

A l'échelle des sections de 4 km (soit des tableaux de 10 colonnes), en plus des groupements déjà définis, on distingue un groupement de berge à *Juncus effusus*.

Les différents groupements sont maintenant décrits. Les groupements aquatiques sont décrits au moyen d'hydrophytes mais aussi d'hélophytes et de reptohélophytes (sensu DEN HARTOG et VAN DER VELDE, 1988) qui se mêlent aux hydrophytes et les groupements de marge ou de berge au moyen d'hélophytes et d'hygrophytes. Les espèces caractéristiques, compagnes, au sens du système de BRAUN-BLANQUET (WESTHOFF et VAN DER MAAREL, 1973), et les espèces rares ou peu fréquentes, sont citées dans deux tableaux.

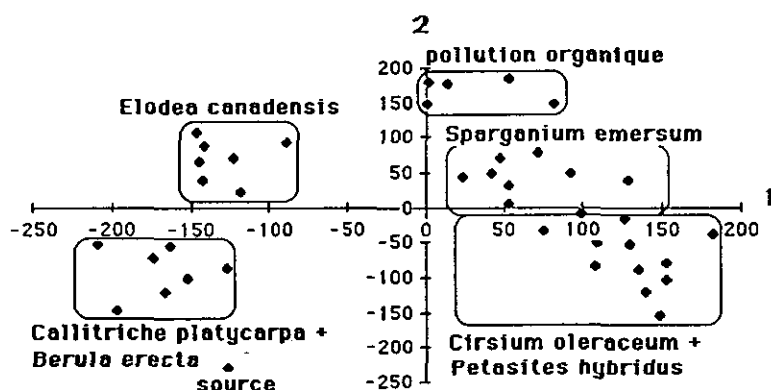


Figure 4 Gradation non métrique multidimensionnelle du tableau 40 x 78, comprenant les données de végétation et de milieu. Axes 1 et 2.

Nonmetric multidimensional scaling of the 40 x 78 table, with vegetation and environmental data. Axes 1 et 2.

1. Le groupement à *Caltha palustris* et *Lychnis flos-cuculi* (fig. 5 et tableau 2) qui occupe le fond, la marge ou la berge des 5 300 premiers mètres depuis la source.

La pente générale est de 0,85 %. La largeur est généralement inférieure ou proche de 1 m, la profondeur inférieure à 10 cm, le substrat lotique dominant vaseux, avec peu de graviers, cailloux ou blocs. L'éclairement est souvent supérieur à 50 ou 75 %. La minéralisation est faible à la source puis s'accroît rapidement mais reste inférieure à 450 μ S avec toutefois une teneur en ions Na et Cl localement élevée.

2. Le groupement de marge et de berge à *Juncus effusus* (fig. 5 et tableau 2) qui occupe les 16 km du cours supérieur.

La pente générale est de 0,51 %. Ce groupement est caractéristique du cours supérieur, avec un éclaircissement supérieur à 50 ou 75 % ; on le rencontre le long des pâtures ou des formations ouvertes bordées d'une ligne d'arbres.

3. Le groupement de marge ou berge à *Scrophularia auriculata* et *Myosotis scorpioides* (fig. 5 et tableau 2).

La pente générale est de 0,42 %. La largeur est supérieure à 3 m, la profondeur de l'eau comprise entre 0,5 et 1 m, la vallée en V fortement tronquée. Le groupement traverse des formations ouvertes, rudéralisées ou non, avec un éclaircissement supérieur à 50 %. La berge est encaissée sur 0,5 à 1 m. Le substrat lentique est vaseux. Ce groupement est caractéristique d'un sous-sol calcaire et la minéralisation de l'eau est moyenne ou élevée ; il n'est pas influencé par la pollution organique et domestique élevée.

4. Groupement de berge à *Cirsium oleraceum* et *Petasites hybridus*, dans les 13 km inférieurs du ruisseau (fig. 5 et tableau 2).

La pente générale est de 0,87 %. Le ruisseau est large (> 8 m), encaissé (> 50 cm ou talus), bordé de végétation forestière ou d'un mélange de sites ouverts et fermés. Il traverse des roches psammitiques ou schisteuses, avec un peu de calcaire dans le fond. Les berges sont souvent rudéralisées, avec des murs ou constructions diverses.

5. Groupement aquatique à *Berula erecta* et *Callitriche platycarpa* (fig. 5 et tableau 1).

La pente générale est de 0,47 %. Le groupement traverse des sites éclairés (> 50 %), bordés de prairies, avec parfois une ligne d'arbres. La minéralisation est moyenne à forte. Le substrat lentique est vaseux, le substrat lotique est constitué de blocs ou cailloux. Le groupement disparaît si la pollution organique et domestique est sévère.

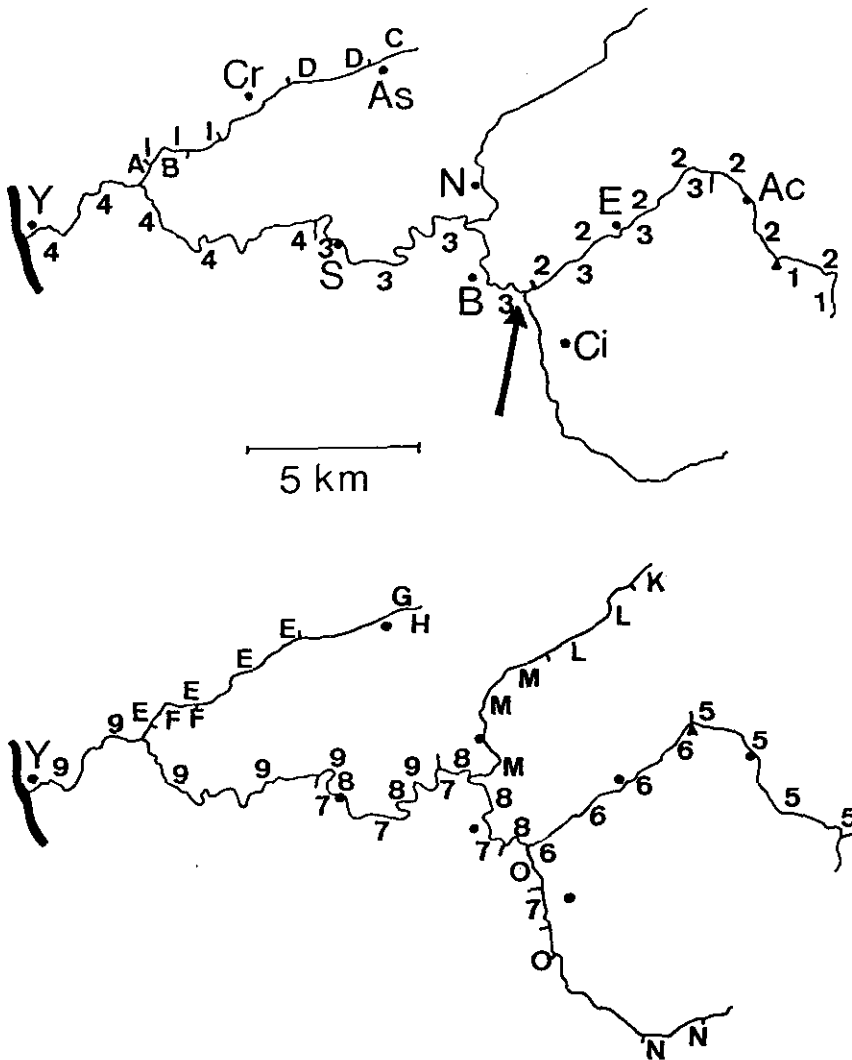


Figure 5

Dispersion des groupements. 1 : *Caltha palustris* et *Lychnis flos-cuculi*. 2 : *Juncus effusus*. 3 : *Myosotis scorpioides* et *Scrophularia auriculata*. 4 : *Cirsium oleraceum* et *Petasites hybridus*. 5 : *Berula erecta* et *Callitriche platycarpa*. 6 : *Elodea canadensis*. 7 : *Callitriche obtusangula*. 8 : *Sparganium emersum*. 9 : *Fontinalis antipyretica* et *Ranunculus fluitans*. A : *Ranunculus fluitans*. B : *Fontinalis antipyretica*. C : *Alopecurus geniculatus* et *Apium nodiflorum*. D : *Nasturtium officinale* et *Rumex conglomeratus*. E : *Festuca gigantea* et *Fraxinus excelsior*. F : *Polygonum bistorta*. G : *Polygonum amphibium*. H : *Typha latifolia*. I : *Cardamine amara* et *Chrysosplenium oppositifolium*. K : *Alnus incana*. L : *Polygonum hydropiper*. M : *Scrophularia auriculata*. N : *Epilobium parviflorum* et *Lotus uliginosus*. O : *Fontinalis antipyretica*. La flèche indique le début de la pollution sévère.

Grouping dispersion. 1 : *Caltha palustris* and *Lychnis flos-cuculi*. 2 : *Juncus effusus*. 3 : *Myosotis scorpioides* and *Scrophularia auriculata*. 4 : *Cirsium oleraceum* and *Petasites hybridus*. 5 : *Berula erecta* and *Callitriche platycarpa*. 6 : *Elodea canadensis*. 7 : *Callitriche obtusangula*. 8 : *Sparganium emersum*. 9 : *Fontinalis antipyretica* and *Ranunculus fluitans*. A : *Ranunculus fluitans*. B : *Fontinalis antipyretica*. C : *Alopecurus geniculatus* and *Apium nodiflorum*. D : *Nasturtium officinale* and *Rumex conglomeratus*. E : *Festuca gigantea* and *Fraxinus excelsior*. F : *Polygonum bistorta*. G : *Polygonum amphibium*. H : *Typha latifolia*. I : *Cardamine amara* and *Chrysosplenium oppositifolium*. K : *Alnus incana*. L : *Polygonum hydropiper*. M : *Scrophularia auriculata*. N : *Epilobium parviflorum* and *Lotus uliginosus*. O : *Fontinalis antipyretica*. The arrow indicates the beginning of the severe pollution.

Tableau 1 Groupements aquatiques. Bocq. 5 : *Berula erecta* et *Callitriche platycarpa*. 6 : *Elodea canadensis*. 7 : *Callitriche obtusangula* (Bocq et Leignon). 8 : *Sparganium emersum*. 9 : *Fontinalis antipyretica* et *Ranunculus fluitans*. Crupet. 1 : *Ranunculus fluitans*. 2 : *Fontinalis antipyretica*. Leignon. 3 : *Fontinalis antipyretica*. S : caractéristique sélective ; P : caractéristique préférentielle ; C : compagne ; A : accidentelle.

Table 1 Aquatic groupings. Bocq. 5 : *Berula erecta* and *Callitriche platycarpa*. 6 : *Elodea canadensis*. 7 : *Callitriche obtusangula* (Bocq and Leignon). 8 : *Sparganium emersum*. 9 : *Fontinalis antipyretica* and *Ranunculus fluitans*. Crupet. 1 : *Ranunculus fluitans*. 2 : *Fontinalis antipyretica*. Leignon. 3 : *Fontinalis antipyretica*. S : selective character-species ; P : preferential taxa ; C : companions ; A : accidentals.

	BOCQ					CRUPET		LEIGNON
	5	6	7	8	9	1	2	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	A	A				A	A	
<i>Berula erecta</i>	P	A	C	C	C			C
<i>Callitriche obtusangula</i>			S	A	A			C
<i>Callitriche platycarpa</i>	S	A	A	A	A			
<i>Elodea canadensis</i>	C	S	A	A	A			A
<i>Fontinalis antipyretica</i>	A		C	C	S	C	S	S
<i>Glyceria fluitans</i>		A			A	A	A	
<i>Lemna minor</i>	A							
<i>Myriophyllum</i> sp.								A
<i>Nasturtium officinale</i>	P	A	A	A	A		A	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>		P	A	C	A			
<i>Potamogeton crispus</i>		A	A	P	A			A
<i>Potamogeton perfoliatus</i>					A			
<i>Ranunculus fluitans</i>		A	C	C	S	S	A	
<i>Sparganium emersum</i> subsp. <i>emersum</i>		A	C	S	C			C
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	P	A	A	A	A			
<i>Zannichellia palustris</i> subsp. <i>palustris</i>		A						

6. Groupement aquatique à *Elodea canadensis* (fig. 5 et tableau 1).

La pente générale est de 0,26 %. Le substrat le plus fréquent et souvent le seul est un substrat lentique vaseux. La largeur est généralement inférieure à 5 m, la vallée en V fortement tronquée. L'éclairement est important, la rivière traversant souvent des formations ouvertes

(pâtures ou pâtures bordées d'une ligne d'arbres). Le substrat est calcaire. Le groupement disparaît dès que se manifeste la pollution organique et domestique sévère.

7. Groupement aquatique à *Callitriche obtusangula* (fig. 5 et 8 et tableau 1).

Ce groupement apparaît juste après le confluent avec le Leignon, dans lequel l'espèce est localement abondante. Dans le Bocq, l'espèce est peu abondante et le groupement est fort diffus. Il semble souffrir de la pollution organique et domestique du cours inférieur du Leignon. La minéralisation de l'eau est toujours élevée.

8. Groupement aquatique à *Sparganium emersum subsp. emersum* (fig. 5 et tableau 1).

La pente générale est de 0,24 %. Ce groupement occupe un cours plus large que 5 m et ne peut s'installer que si le fond se trouve entre 0,5 et 1 m de profondeur. Le substrat lentique vaseux est fréquent. L'éclairement doit être supérieur à 25 % et la minéralisation élevée. Ce groupement supporte très bien la pollution organique et domestique sévère.

9. Groupement aquatique à *Fontinalis antipyretica* et *Ranunculus fluitans* (fig. 5 et tableau 1)

La pente générale est de 0,54 %. Ce groupement occupe la moitié inférieure du cours, avec une largeur supérieure à 5 m, une profondeur comprise entre 0,5 et 1 m, une minéralisation élevée, un éclairement supérieur à 25 %. Le substrat lentique est soit vaseux, soit constitué de blocs. Le substrat lotique, très fréquent, est généralement constitué de blocs. Ce groupement n'est présent que si la pollution organique et domestique est faible.

3.3 Description du ruisseau de Crupet

Le ruisseau ne dépasse 3 m de large et 50 cm de profondeur que dans le cours inférieur. La pente dépasse 1 % en plusieurs endroits et la vallée est le plus souvent en V faiblement à fortement tronqué. La bordure végétale et l'éclairement sont très variables. Le substrat lentique est vaseux et le substrat lotique le plus souvent constitué de blocs, parfois de cailloux et plus rarement de graviers. Piétinement du bétail, traces de rudéralisation, murs et constructions diverses sont fréquents. Après avoir traversé des sables fins pailletés, le ruisseau rencontre des calcaires et des psammites et schistes en alternance. Le pH de l'eau se situe aux environs de 7,5 près de la source, il augmente pour atteindre 8 à Crupet (fig. 5) et le dépasser ensuite. L'alcalinité, de l'ordre de 100 mg/l de CaCO_3 près de la source, dépasse 200 après Assesse, puis diminue un peu après Crupet. Les autres paramètres évoluent parallèlement, si ce n'est l'ammonium qui subit une nette augmentation après Assesse (de traces à 0,01 méq/l N en 1987, de traces à 0,055 en 1988). La valeur la plus élevée en phosphates se situe au même endroit et atteint 0,025 méq/l P en 1987, 0,006 en 1988. Mais ces teneurs ont repris une valeur très faible dès qu'on arrive à Crupet. En 1988, la teneur en ions Cl^- est élevée (environ 1 méq/l) jusqu'à Crupet, puis elle diminue un peu.

Les groupements végétaux sont indiqués sur la carte (fig. 5) et présentés dans les tableaux 1 et 2. Il faut noter une pente générale de 1,1 %, ce qui limite le développement des espèces aquatiques. On constate une pollution organique et urbaine après Assesse, ce qui correspond très bien au développement du groupement à *Nasturtium officinale* et *Rumex conglomeratus*, qui semble favorisé par cette pollution modérée. L'auto-épuration biologique s'opère toutefois rapidement et à Crupet, l'eau est à nouveau de bonne qualité.

3.4 Description du Petit Bocq

La largeur de ce petit ruisseau est toujours inférieure à 5 m et la profondeur ne dépasse presque jamais 30 cm. La pente ne dépasse 1 % que près de la source. Le type de vallée, l'éclairement ou le type de bordure végétale (souvent ouvert) sont très variables. Le substrat lentique dominant est vaseux, tandis que le substrat lotique dominant est constitué de graviers, de cailloux ou de blocs. Le piétinement des berges par le bétail est fréquent ainsi que les traces de rudéralisation. Psammites et schistes, calcaires et argile oligocène alternent le long du cours. La minéralisation de l'eau est élevée près de la source, avec une alcalinité de l'ordre de 130 mg/l de CaCO_3 et ensuite les valeurs augmentent ou diminuent suivant les dates de prélèvement. Le pH est faiblement acide ou basique. Ce ruisseau reçoit, 1,5 km après la source, les premiers effluents d'exploitations agricoles. Dans le fonds du cours, après Natoye, la teneur en ammonium atteint 0,026 méq/l et 0,015 méq/l de phosphates.

Les groupements sont indiqués sur la carte (fig. 5) et présentés dans le tableau 2. La partie supérieure du cours, sur 850 m, est en forte pente (1,76 %) et traverse un massif boisé, avec, sur la rive et la berge, une population d'*Alnus incana*, plantée en grande partie. La seconde partie, en pente plus douce (0,76 %) traverse les pâtures, avec un groupement de marge et de berge à *Polygonum hydropiper* ; puis les sites traversés sont plus variés, tantôt ouverts, tantôt boisés et on observe un groupement de marge et de berge à *Scrophularia auriculata*. Les plantes aquatiques sont rares.

3.5 Description du ruisseau de Leignon

La largeur du ruisseau dépasse rarement 5 m et la profondeur est généralement inférieure à 1 m. La pente est forte dans le cours supérieur (> 1 %). La vallée est le plus souvent en V faiblement ou fortement tronqué, quelquefois en V non tronqué. La partie supérieure traverse un bois de feuillus ensuite des pâtures, en dehors des sites densément habités. Le substrat lentique dominant est le plus souvent de la vase et le substrat lotique est partagé entre les graviers, cailloux et blocs. Beaucoup de sites sont rudéralisés. Le substrat lithologique est constitué en majorité de psammites et schistes et également de calcaires dans le cours inférieur. A la source, l'eau est très faiblement minéralisée, avec une alcalinité de l'ordre de quelques mg/l de CaCO_3 près de la source, de l'ordre de 50 mg/l 1 km plus loin, mais la situation se dégrade dès la traversée du premier village où l'alcalinité double. Le pH reste partout compris entre 7,5 et 7,8. Mais le fait notoire est la pollution du village de Chapois et surtout la très forte pollution apportée par les égouts de Ciney et la teneur en ammonium peut atteindre 0,071 méq/l N comme en 1987 et la teneur en phosphate 0,015 méq/l P ; le ruisseau devient un flot brunâtre, avec beaucoup de matières solides en suspension. Le petit ruisseau de Biron, qui se jette dans le Bocq 200 m en amont de l'embouchure du Leignon est encore plus pollué, puisque l'on y a mesuré des teneurs en ammonium de 0,192 méq/l N et des teneurs en phosphate de 0,071 méq/l P.

Tableau 2 Groupements de fonds, marge et berge à .Bocq. 1 : *Caltha palustris* et *Lychnis flos-cuculi*. 2 : *Juncus effusus*. 3 : *Myosotis scorpioides* et *Scrophularia auriculata*. 4 : *Cirsium oleraceum* et *Petasites hybridus*. **Crupet.** 3 : *Alopecurus geniculatus* et *Apium nodiflorum*. 4 : *Nasturtium officinale* et *Rumex conglomeratus*. 5 : *Festuca gigantea* et *Fraxinus excelsior*. 6 : *Polygonum bistorta*. 7 : *Polygonum amphibium*. 8 : *Typha latifolia*. 9 : *Cardamine amara* et *Chrysosplenium oppositifolium*. **Petit Bocq.** 1 : *Alnus incana*. 2 : *Polygonum hydropiper*. 3 : *Scrophularia auriculata*. **Leignon.** 1 : *Epilobium parviflorum* et *Lotus uliginosus*. *Salix viminalis* est également présent le long du ruisseau de Leignon. S : caractéristiques sélectives ; P : caractéristiques préférentielles ; C : compagnes ; A : accidentelles. Parmi les espèces rares ou peu fréquentes : *Achillea ptarmica*, *Alisma plantago-aquatica*, *Arctium nemorosum*, *Carex nigra*, *C. remota*, *C. rostrata*, *C. strigosa*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Dipsacus sylvestris*, *Echinops exaltatus*, *Glyceria maxima*, *Gnaphallum uliginosum*, *Hypericum tetrapterum*, *Juncus bufonius*, *Lysimachia nemorum*, *Lythrum salicaria*, *Polygonum lapathifolium*, *Ranunculus sceleratus*, *Ribes rubrum*, *R. uva-crispa*, *Salix cinerea*, *S. x multinervis*, *S. purpurea*, *S. x sericans*, *S. triandra*, *Scirpus setaceus*, *Scutellaria galericulata*, *Valeriana repens*, *Veronica montana*, *V. scutellata*.

Table 2 Bed, edge and bank groupings with .Bocq. 1 : *Caltha palustris* and *Lychnis flos-cuculi*. 2 : *Juncus effusus*. 3 : *Myosotis scorpioides* and *Scrophularia auriculata*. 4 : *Cirsium oleraceum* and *Petasites hybridus*. **Crupet.** 3 : *Alopecurus geniculatus* and *Apium nodiflorum*. 4 : *Nasturtium officinale* and *Rumex conglomeratus*. 5 : *Festuca gigantea* and *Fraxinus excelsior*. 6 : *Polygonum bistorta*. 7 : *Polygonum amphibium*. 8 : *Typha latifolia*. 9 : *Cardamine amara* and *Chrysosplenium oppositifolium*. **Petit Bocq.** 1 : *Alnus incana*. 2 : *Polygonum hydropiper*. 3 : *Scrophularia auriculata*. **Leignon.** 1 : *Epilobium parviflorum* and *Lotus uliginosus*. *Salix viminalis* is also present along the Leignon river. S : selective character-species ; P : preferential taxa ; C : companions ; A accidentals. Among the rare and unfrequent species : *Achillea ptarmica*, *Alisma plantago-aquatica*, *Arctium nemorosum*, *Carex nigra*, *C. remota*, *C. rostrata*, *C. strigosa*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Dipsacus sylvestris*, *Echinops exaltatus*, *Glyceria maxima*, *Gnaphallum uliginosum*, *Hypericum tetrapterum*, *Juncus bufonius*, *Lysimachia nemorum*, *Lythrum salicaria*, *Polygonum lapathifolium*, *Ranunculus sceleratus*, *Ribes rubrum*, *R. uva-crispa*, *Salix cinerea*, *S. x multinervis*, *S. purpurea*, *S. x sericans*, *S. triandra*, *Scirpus setaceus*, *Scutellaria galericulata*, *Valeriana repens*, *Veronica montana*, *V. scutellata*.

	BOCQ				CRUPET						LEIGNON				
	1	2	3	4	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	1
<i>Agrostis stolonifera</i>	C	C	P	C	C	C	C	A	C	C	C		C	C	
<i>Alnus glutinosa</i>	C	C	C	C		C	C	C		C	C	A	C	C	C
<i>Alnus incana</i>		C	C	C			P	C		C	P	S		C	
<i>Alopecurus geniculatus</i>	S	A	A		P	C			C	C			A	A	
<i>Angelica sylvestris</i>	C	C	C	C	A	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C
<i>Apium nodiflorum</i>	S	A	A		P	P	A	A	C	C			S	A	A
<i>Athyrium filix-femina</i>	A	A	A	A								C	A	C	
<i>Bidens tripartita</i>	P	A	A	A		P							A		
<i>Caltha palustris</i>	S	S					A	P			A	S			A

[illegible]

Les groupements sont indiqués sur la carte (fig. 5) et présentés dans les (tableaux 1 et 2). La partie amont du ruisseau, d'environ 3 km de long, en forte pente (1,22 %) et à l'eau peu minéralisée et non polluée, est occupée, après sa traversée d'un bois, par un groupement de marge et de berge à *Epilobium parviflorum* et *Lotus uliginosus*, avec d'autres espèces caractéristiques comme *Glyceria fluitans*, *Myosotis nemorosa*, *M. scorpiodes*, *Sparganium erectum* subsp. *neglectum* et des espèces rares comme *Eleocharis palustris*, *Epilobium palustre*, *Scirpus sylvaticus* et *Veronica scutellata*. La seconde partie, en pente plus douce ((0,68 %) reçoit à Chapois des effluents domestiques et agricoles, ce qui engendre une pollution organique et minérale élevée (teneur en ammonium de l'ordre de 0,02 méq/l N) ; le cours est en grande partie urbanisé et on distingue :

- un groupement à *Fontinalis antipyretica* qui régresse après Ciney, dès que la pollution devient sévère ;
- un groupement à *Callitriche obtusangula* ; l'espèce est abondante par places et régresse aussi après Ciney ; ce groupement se prolonge dans le Bocq mais avec une biomasse beaucoup plus faible.

4 - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Ce travail fournit une description de la végétation aquatique et du bord de 77 km de rivière, avec une localisation précise des différents groupements et de leurs limites. C'est donc une approche très différente de celles utilisant le système de BRAUN-BLANQUET, dans lesquelles les associations ne sont indiquées que ponctuellement sur les cartes. L'étude quantitative de végétations importantes est donc réalisable et un observateur expérimenté peut décrire, suivant notre procédé, 3 km environ de rivière par journée complète d'observation. La cartographie des différents groupements végétaux est un outil précieux pour tous ceux qui voudront, plus tard, contrôler l'évolution de la végétation, soit naturelle, soit celle qui résultera de l'impact humain. Les limites exactes des groupements et la localisation précise des relevés est reportée sur une carte au 1/10 000 et peuvent être obtenues auprès de l'auteur.

Nos résultats concordent avec ceux présentés par WIEGLEB, 1988 en ce qui concerne les facteurs ou groupes de facteurs qui ont la plus grande incidence sur la répartition des macrophytes. En dehors du régime hydrique, qui ne varie guère dans l'ensemble du bassin versant, les facteurs les plus importants sont bien la vitesse du courant, l'ion hydrogénocarbonate (fortement corrélé à d'autres facteurs), les dérivés d'azote et de phosphore et l'influence humaine. Les groupements observés sont facilement classés dans les grands types de communautés présentés par WIEGLEB, 1988 à savoir, les communautés riches en *Callitriche*, les communautés à *Batrachium* (ou renoncules aquatiques), les communautés à parvopotamides, les communautés à *Sparganium emersum* et les communautés d'hélophytes. La relation entre la vitesse du courant et les macrophytes dominants correspond également aux données de DAWSON, 1988.

Les résultats du Bocq sont comparables aux observations de KOHLER, 1978. Sur le ruisseau de Friedberger (République fédérale d'Allemagne, Land du Baden-Württemberg), l'auteur constate, par exemple, que *Ranunculus fluitans* et *Callitriche obtusangula* se concentrent dans des portions eutrophisées du cours d'eau, avec des teneurs élevées en ammonium. L'espèce la plus résistante, dans le ruisseau de Friedberger et la Moosach, à des teneurs élevées en ammonium (± 5 mg/l) et en phosphates (± 2 mg/l) est *Sparganium emersum* subsp. *emersum*, qui, dans le Bocq et le Leignon, résiste à des teneurs en ammonium de l'ordre du mg/l et à des teneurs en phosphate de l'ordre de 0,6 mg. Signalées comme moins résistantes, mais supportant environ 1 mg/l d'ammonium et de 1 à 1,8 mg/l de phosphate, on trouve *Callitriche obtusangula*, *Ranunculus fluitans*, *Berula erecta* f. *submersa*, *Elodea canadensis*, qui, dans le Bocq, disparaissent pratiquement avec la pollution sévère (fig. 4 et 5) mais réapparaissent quelques km plus loin.

Dans son étude de l'influence de la pollution du ruisseau de Friedberger par les eaux usées de la ville du même nom, KOHLER, 1975 a constaté, dès le début des déversements d'eaux usées, la disparition d'espèces comme *Elodea canadensis*, *Berula erecta*, *Nasturtium officinale*. Une espèce plus résistante : *Sparganium emersum*, ce qui rejoint nos observations du Bocq. Dans le ruisseau de Friedberger, des plantes aquatiques réapparaissent après plusieurs km d'autoépuration : après 4 km, c'est *Elodea canadensis* ; après 7 km, c'est *Berula erecta*, puis après 10 km et avec l'aide d'un apport d'eau d'un affluent non pollué, c'est *Zannichellia palustris*, *Potamogeton crispus* et *Fontinalis antipyretica*. Dans le Bocq, *Berula erecta* réapparaît 7,6 km après l'apport des eaux polluées du Leignon (fig. 5), et *Fontinalis antipyretica*, rare en amont, devient fréquent après 7,3 km. *Ranunculus fluitans* apparaît 9 km après la pollution sévère. D'autres espèces comme *Callitriche obtusangula* (abondante par places dans le Leignon) ou *Elodea canadensis* (fréquente dans le haut du Bocq) n'apparaissent plus que sporadiquement après le confluent avec le Leignon.

L'observation suivie dans le temps est fort précieuse. KOHLER, 1975 a constaté que l'eutrophisation conduisait à la formation de groupements végétaux nouveaux. Ainsi, *Callitriche obtusangula* n'était pas connu autrefois dans la Moosach, mais figure maintenant parmi les espèces dominantes, suite à la pollution croissante. KOHLER et al., 1989 ont observé la végétation aquatique du ruisseau de Friedberger et de trois affluents à quatre reprises en 1972 avec l'arrivée d'eaux domestiques usées, en 1974 quand l'eau commence à être épurée, en 1978 avec l'apport d'eaux boueuses et enfin en 1987. L'épuration a permis un retour lent des macrophytes et les communautés végétales actuelles témoignent d'une meilleure qualité de l'eau. L'absence de données datant de plusieurs dizaines d'années sur la végétation du Bocq et de ses affluents est donc une lacune, car on ne connaîtra jamais l'influence exacte de la pollution croissante sur certains groupements végétaux. Il faut aussi noter que l'extrapolation d'un ruisseau à l'autre ne peut se faire qu'avec beaucoup de prudence (KOHLER, 1975).

La comparaison avec des groupements définis en application du système de BRAUN-BLANQUET est délicate comme on l'a déjà vu (BOUXIN, 1987b, BOUXIN et LE BOULENGE, 1983), en partie à cause de la conception différente de

l'échantillonnage, notamment de la taille des relevés, ensuite à cause de la conception fondamentalement différente du système retenu. La comparaison est néanmoins faite à partir d'ouvrages généraux (BOURNERIAS, 1979, ELLENBERG, 1974, OBERDORFER, 1977 et 1983) et de quelques publications locales. Il apparaît que beaucoup d'espèces de nos groupements aquatiques (tableau 1) sont des caractéristiques du *Ranunculon fluitantis* (alliance : *Potametalia* ; classe : *Potametea*), suivant les conceptions de MERIAUX, 1981a mais il est difficile de ranger nos groupements dans des associations décrites, si ce n'est le groupement à *Callitriche obtusangula* du Bocq et du Leignon qui présente des affinités avec le *Callitrichetum obtusangulae* (OBERDORFER, 1977 et MERIAUX et VERDEVOYE, 1981). Il s'agit de la variante typique, surtout dans le Leignon. Mais ici, apparaît l'importance de l'échantillonnage. Dans le Bocq le groupement à *Callitriche obtusangula* est très diffus et serait difficilement mis en évidence avec des échantillons relativement petits, de quelques dizaines de m², comme cela est recommandé par MERIAUX, 1981b, qui insiste également sur la reconnaissance des morphoses des *Callitriche*, de *Berula erecta* et de *Sparganium emersum*, par ex., mais nous avons remarqué que les différentes accomodats étaient mélangés dans certains relevés, séparés dans d'autres, surtout chez les *Callitriche*. Par contre *Berula erecta* se présente partout sous sa forme *submersa*. Les espèces caractéristiques, à l'échelle appropriée, du groupement à *Caltha palustris* et *Lychnis flos-cuculi* appartiennent au *Molinietalia* et notamment au *Calthion* comme, en plus de *Caltha palustris*, *Lotus uliginosus* et *Scirpus sylvaticus*, mais il y a aussi, par places, plusieurs espèces du *Phragmitetalia* comme *Apium nodiflorum*, *Polygonum amphibium* ou du *Montio-Cardaminetea* comme *Alopecurus geniculatus*. Le groupement à *Juncus effusus* comprend un mélange d'espèces du *Molinietalia* et du *Phragmitetalia*. Le groupement à *Myosotis scorpioides* (espèce du *Calthion*) et *Scrophularia auriculata* est difficile à situer. Le groupement à *Cirsium oleraceum* et *Petasites hybridus* des berges se classe facilement dans l'*Alnion* puisqu'on y trouve plusieurs espèces du groupe paludicole à *Cirsium oleraceum* (selon NOIRFALISE, 1984), avec toutefois quelques espèces de l'*Alno-Padion*, ce qui s'explique par une influence humaine prépondérante dans la partie inférieure du Bocq. Le groupement à *Alnus incana* du Petit Bocq est probablement à classer dans la dernière alliance, mais l'indigénat d'*Alnus incana* y est douteux. Le groupement à *Cardamine amara* et *Chrysosplenium oppositifolium* correspond au *Cardaminetum amarae* (BOURNERIAS, 1979) qui est rangé dans le *Cardaminion* (*Montio-Cardaminetalia*) par OBERDORFER, 1977. Le groupement à *Polygonum hydropiper* est caractérisé par une espèce du *Bidention tripartitae*, (OBERDORFER, 1983) mais comprend aussi plusieurs caractéristiques du *Phragmitetalia*, réparties dans plusieurs alliances. Les autres groupements présentent également des similitudes avec les unités phytosociologiques citées mais comme pour les comparaisons présentées, ces unités n'intègrent que partiellement la grande variabilité de la végétation.

L'établissement de groupements végétaux couvrant plusieurs bassins versants n'est possible que si l'analyse multiscalaire traite, à petite échelle, une végétation échantillonnée de la même manière, c'est-à-dire présentant une répartition géographique des relevés autorisant le groupement des relevés en blocs, à des échelles bien définies. Ce travail sera entrepris

lorsque nous disposerons de suffisamment de données. Au stade actuel des recherches, des groupements similaires ont été décrits dans plusieurs ruisseaux du Condroz (BOUXIN et LE BOULENGE, 1983 et BOUXIN 1987b), comme le groupement à *Ranunculus fluitans*, celui à *Fontinalis antipyretica* (les deux réunis dans le Bocq) ou encore le groupement à *Cardamine amara* et *Chrysosplenium oppositifolium* ou celui à *Scrophularia auriculata*.

L'état général du Bocq et de ses affluents n'est pas bon, puisqu'ils reçoivent de nombreux effluents urbains et agricoles. La pollution organique et domestique de la partie inférieure du Leignon, puis du Bocq sur quelques km, est sérieuse. La répartition des groupements aquatiques constitue un excellent moyen de contrôle, puisqu'ils sont presque tous très sensibles à la pollution d'origine domestique et organique. Le plus résistant est le groupement à *Sparganium emersum*, qui a malheureusement souffert, pendant l'hiver 1988-1989, d'un curage absurde, entre Emptinne et Braibant. Un tel curage compromet la seule possibilité d'auto-épuration biologique, là où elle est la plus urgente ! Nos observations sur l'état de l'eau confirment les résultats précédents (DESCY *et al.*, 1981 et SAUBAIN *et al.*, 1982) et sont en contradiction avec certaines publications des pouvoirs publics (ANONYME, 1988) qui considèrent que l'eau est de très bonne qualité sur tout le cours.

5 - REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Monsieur J.-P. DESCY qui a mis à notre disposition le laboratoire et les techniques d'analyse des eaux du service d'Ecologie des Eaux Douces (Facultés Notre Dame de la Paix, Namur, Professeur J.-C. MICHA).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1988. *Atlas de l'eau pour la Wallonie. 3. Qualité des cours d'eau en 1986*. Ministère de la région wallonne. Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement. 1 carte.
- BOURNERIAS M., 1979. *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*. 2^{ème} édition. Sedes, Paris, 509 p.
- BOUXIN G., 1986. Le traitement statistique des tableaux de végétation. I. Les petits tableaux. *Biom. Praxim.*, 26, 49-72.
- BOUXIN G., 1987a. Le traitement statistique des tableaux de végétation. II. Les ensembles de tableaux et les grands tableaux. *Biom. Praxim.* 27, 65-97.
- BOUXIN G., 1987b. La végétation herbacée des ruisselets d'un massif boisé sur roches éodévonniennes, en Belgique. *Colloques phytosociologiques*, XV : 93-106.
- BOUXIN G., 1990. The measurement of horizontal patterns in vegetation : a review and proposals for models. *Coenoses*, 5, 97-112.

- BOUXIN G. et LE BOULENGE E., 1983. A phytosociological system based on multiscaled pattern analysis : a first example. *Vegetatio*, 54, 3-16.
- DAWSON F.H., 1988. Water flow and the vegetation of running waters. *Handbook of Vegetation Science*. 15/1. *Vegetation of inland waters*. Edited by J.J. Symoens, Kluwer Academic Publishers, 283-309.
- DE LANGHE J., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J., LAMBINON J. et VANDEN BERGHE C., 1983. *Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines*. Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique. 1016 p.
- CASPER S.J. and KRAUSCH H.D., 1980 et 1981. *Sübwasserflora von Mitteleuropa. Pteridophyta und Anthophyta*. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart, New York, 943 p.
- DEN HARTOG C. et VAN DER VELDE G., 1988. Structural aspects of aquatic plant communities. *Handbook of Vegetation Science*. 15/1. *Vegetation of inland waters*. Edited by J.J. Symoens. Kluwer Academic Publishers, 113-153.
- DESCY J.-P., 1973. La végétation algale benthique de la Meuse belge et ses relations avec la pollution des eaux. *Lejeunia NS*, 66, 62 p.
- DESCY J.-P., EMPAIN A. et LAMBINON J., 1981. Un inventaire de la qualité des eaux du bassin wallon de la Meuse (1976-1980). *Trib. Cebedeau*, 35, 267-278.
- DETHIOUX M., 1981. Les reliques du Phragmition en Belgique. *Colloques phytosociologiques*, 10, 351-366.
- DETHIOUX M., 1989a. Aménagement aquatique des eaux courantes. Espèces aquatiques des eaux courantes. *Ministère de la Région Wallonne et Centre de Recherche et de Promotion forestières (IRSIA)*, 72 p.
- DETHIOUX M., 1989b. Aménagement aquatique des eaux courantes. Espèces herbacées des eaux courantes. *Ministère de la Région wallonne et Centre de Recherche et de Promotion forestières (IRSIA)*, 72 p.
- DUVIGNEAUD J., 1978. Une vallée mosane à protéger : la basse vallée du Bocq. *Natura mosana*, 31, 57-83.
- ELLENBERG H., 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica*, IX, 122 p.
- EMPAIN A., 1973. La végétation bryophytique aquatique et subaquatique de la Sambre belge, son déterminisme écologique et ses relations avec la pollution des eaux. *Lejeunia N.S.*, 69, 58 p.
- FABRI R., 1977. Végétation, production primaire et caractéristiques physicochimiques d'une rivière de Haute Ardenne (Belgique) : la Warche supérieure. *Lejeunia N.S.*, 87, 43 p.
- FOUCART T., 1982. *Analyse factorielle. Programmation sur micro-ordinateurs*. Masson, Paris, 245 p.
- HASLAM S.M. and MOLITOR A.M., 1988. The macrophytic vegetation of the major rivers of Luxembourg. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, 88, 3-54.
- KOHLER A., 1975. Submerse Makrophyten und ihre Gesellschaften als Indikatoren der Gewässerbelastung. *Beitr. naturk. Forsch. Südw.-Dtl.*, 34, 149-159.
- KOHLER A., 1978. Wasserpflanzen als Bioindikatoren. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.*, 11, 259-281.
- KOHLER A., WARNEK L. und ZELTNER G.-H., 1989. Veränderungen von Flora und Vegetation in den kalkreichen Fließgewässern der Friedberger Au von 1972 bis 1987. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 83, 3, 407-451.
- KUFFERATH J., 1951. Représentation graphique et classification chimique rationnelle en types des eaux naturelles. *Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, 27, 8 p.
- LECLERQ L., 1977. Végétation et caractéristiques physico-chimiques de deux rivières de Haute Ardenne (Belgique) : la Helle et la Roer supérieure. *Lejeunia N.S.*, 88, 42 p.
- LECLERQ L., 1987. L'estimation de l'impact de l'effluent de la station d'épuration de la S.A. Spontin sur le Bocq. *S.A. Spontin et Centre de Recherche et d'Education pour la Conservation de la Nature*, 20 p.
- MERIAUX J.-L., 1981a. La classe des Potametea dans le Nord-Ouest de la France. *Colloques phytosociologiques*, 10, 115-129.

- MERIAUX J.-L., 1981b. Remarques sur la syntaxonomie des Potametea. *Colloques phytosociologiques*, 10, 131-138.
- MERIAUX J.-L., 1981c. Le Phalaridetum arundinaceae Libert 1931 et les végétations à Phalaris arundinacea L. *Colloques phytosociologiques*, 10, 499-512.
- MERIAUX J.-L. et VERDEVOYE P., 1981. Données sur le Callitrichetum obtusangulae Seibert 1962 (synfloristique, syntaxonomie, synécologie et faune associée). *Colloques phytosociologiques*, 10, 45-68.
- NOIRFALISE A., 1984. *Forêts et stations forestières en Belgique*. Presses Agronomiques de Gembloux, 236 p.
- NOIRFALISE A. et DETHIOUX M., 1977. Synopsis des végétations aquatiques d'eau douce en Belgique. *Communications du Centre d'écologie forestière et rurale (IRSIA)*, N.S. 14, 25 p.
- OBERDORFER E., 1977. *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Teil I. G. Fisher Verlag, Stuttgart, 311 p.
- OBERDORFER E., 1983. *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Teil III. G. Fisher Verlag, Stuttgart. 321 p.
- ORLÓCI L., 1985. *Introduction to data analysis, with examples from population and community ecology*. International Co-operative Publishing House. 339 p.
- ROUX M., 1985. *Algorithmes de classification*. Masson, Paris, 151 p.
- SAUBAIN M., MICHA J.C., LAMBERTS L. et DEPELCHIN A., 1982. Carte de la qualité des cours d'eau non navigables de la province de Namur. *Province de Namur et Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix*, 110 p.
- WESTHOFF V. and MAAREL E. van der., 1973. *The Braun-Blanquet approach*. Handbook of Vegetation Science. 5. Edited by R.H. Whittaker. Dr. W. Junk, The Hague, 617-726.
- WIEGLEB G., 1980. Some applications of principal components analysis in vegetation : ecological research of aquatic communities. *Vegetatio* 42, 67-73.
- WIEGLEB G., 1988. Analysis of flora and vegetation in rivers : concepts and applications. *Handbook of Vegetation Science*. 15/1. *Vegetation of inland waters*. Edited by J.J. Symoens. Kluwer Academic Publishers, 311-340.